

第2節 放射性セシウムを含む堆肥の表面施用による アスパラガスおよび土壌への影響

宮崎成生・監物瑛¹⁾

摘要：アスパラガス栽培で放射性セシウム濃度が 400 Bq kg^{-1} 程度の堆肥を $140000 \text{ kg ha}^{-1}$ と多量に表面施用した場合でも、若芽の新鮮物あたりの放射性セシウム濃度は収穫期間中 0.5 Bq kg^{-1} 未満であった。収穫終了後の土壌中放射性セシウム濃度は地表から 5 cm 深まで多少高まった。

キーワード：アスパラガス、放射性セシウム、表面施用、堆肥

I 緒言

堆肥の放射性セシウムの暫定許容値は 400 Bq kg^{-1} (現物あたり) である (農林水産省, 2011)。この値は、毎年 ha あたり 20000 g の堆肥を土壌混和することを想定して策定されている (農林水産省, 2012)。アスパラガス栽培では一般に堆肥を毎年、表層へ多量に施用する。そのため、暫定許容値以下の堆肥を施用した場合でも作物体への吸収が懸念される。そこで、堆肥の表面施用による作物体および土壌の放射性セシウム濃度への影響を明らかにしたので報告する。

II 材料および試験方法

1. 試験区の概要

2012年に栃木県農業試験場野菜研究室パイプハウスほ場で実施した。事故による放射性セシウム拡散、降下時にビニルが展張されていた。供試土壌は表層多腐植質黒ボク土、深さ 30 cm までの土壌中放射性セシウム濃度は 7 Bq kg^{-1} であった。供試品種はウエルカム (2年株:2011年5月30日定植)、供試堆肥は牛ふん堆肥とした。放射性セシウム濃度は現物あたり 413 Bq kg^{-1} であった。試験区は、堆肥 70000 kg 区 (堆肥を 70000 kg ha^{-1} 表面施用)、堆肥 140000 kg 区 (堆肥を $140000 \text{ kg ha}^{-1}$ 表面施用)、対照区 (堆肥を県施肥基準量である 20000 kg ha^{-1} 表面施用) の3処理とした。試験区の土壌化学性を第1表に、牛ふん堆肥の成分含量を第2表に示した。2010年のほ場造成時および2011年の収穫開始前に牛ふん堆肥が多量に施用されていた。試験規模は1区 36 m^2 ($6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$) で、調査株数は20株 ($5 \text{ 株} \times 4 \text{ 畝}$) の反復なしとした。

2. 栽培概要

2012年3月2日に供試堆肥を施用し、基肥および追肥は

農作物施肥基準 (栃木県, 2006) に準じて第3表に示すように施用した。春芽の収穫は3月22日から4月23日まで、立茎は太さ 10 mm 程度の茎を5月25日までに株あたり3~5本に生育させ、夏芽の収穫は10月31日までおこなった。土壌水分は pF (深さ 15 cm) で $1.8 \sim 2.2$ を維持するようにかん水した。

3. 採取および測定方法

アスパラガス若芽は調査株から出荷に適する若芽全量を月ごとに乾燥、粉碎した。

栽培終了後土壌は、表層の堆肥を取り除いた後、手動式採土器 (藤原製作所 HS-30S 型) を用い、アスパラガス株の中心から 20 cm 離れた場所から2012年12月に採取した。堆肥を取り除いた土壌の上端 (地表) を 0 cm とし、深さ 30 cm までを対象とした。

放射性セシウムは、ゲルマニウム半導体検出器 (GEM 型, SEIKO EG&G) を用い U8 容器, 10 万秒以上の条件で測定した。測定値の減衰補正は、アスパラガス若芽は採取月の15日とし、跡地土壌は採取日とした。また、放射性セシウム濃度は、アスパラガス若芽は新鮮物換算値、土壌は乾物換算値で示した。

土壌、作物体の化学分析は、土壌環境基礎調査における土壌、水質及び作物体分析法 (日本土壌協会, 2001) により、堆肥の化学分析は、堆肥等有機物分析法 (日本土壌協会, 2000) により実施した。

III 結果および考察

1. アスパラガス若芽への影響

アスパラガスの月別収量を第1図に示した。アスパラガスの収量への処理による影響はなく、いずれの処理区とも 30000 kg ha^{-1} 程度であり、本県の目標収量 (栃木県, 2006) を上回った。

アスパラガス若芽の月ごとの放射性セシウム濃度を第4表

に示した。アスパラガス若芽の放射性セシウム濃度は、堆肥 70000kg 区で 7 月と 9 月に ^{137}Cs がそれぞれ 0.19, 0.28 Bq kg $^{-1}$ と定量下限値程度の値で検出された以外は、いずれの処理区でも定量限界未満であった。

堆肥等有機物に含まれる放射性セシウムは、土壤に含まれる場合に比較して可給化しやすいとされるが (津村ら 1984), 放射性セシウム濃度 400 Bq kg $^{-1}$ 程度の堆肥を 70 000kg ha $^{-1}$ 以上表面施用した場合でも、アスパラガス若芽の放射性セシウム濃度は収穫期間中 0.5 Bq kg $^{-1}$ 未満であり影響は少ないと考えた。

2. 土壤への影響

収穫期前後の堆肥中放射性セシウム濃度を第 5 表に示した。栽培終了後の堆肥中の放射性セシウム濃度は 568 Bq kg $^{-1}$ (乾物あたり) であり、施用時とほぼ同じ値であった。堆肥中放射性セシウム濃度は減衰したものの、堆肥中有機分の分解に伴う減容により相殺されたためと考えた。

栽培終了時に表層にある堆肥の厚さは、堆肥 140000kg 区が 5 cm 程度、堆肥 70000kg 区が 2 cm 程度、対照区が 0.5 cm 程度であった。

収穫終了後の深さ別土壤の放射性セシウム濃度を第 6 表に示した。堆肥を取り除いた土壤中放射性セシウム濃度は、対照区では深さ 0~2.5 cm が 9 Bq kg $^{-1}$ であり、堆肥施用前とほぼ同じであった。施用量が最も多かった堆肥 140000kg 区では、深さ 0~2.5 cm が 57 Bq kg $^{-1}$ 、深さ 2.5~5 cm が 19 Bq kg $^{-1}$ 、深さ 5~10 cm が 8 Bq kg $^{-1}$ であり、地表から 5 cm の深さまで高くなった。また堆肥 70000kg 区では、深さ 0~2.5 cm が 19 Bq kg $^{-1}$ 、深さ 2.5~5 cm が 9 Bq kg $^{-1}$ と地表から 2.5 cm の深さまで高かった。このように堆肥の施用量に従って土壤の表層に放射性セシウムの付加が多少みられたが、その程度は周辺露地畑の作土 100 Bq kg $^{-1}$ 程度と比較して少なかった。

アスパラガスの吸収根は、地表から深さ 10~30 cm 付近に多く存在していたが、表面の堆肥中にも達していた。土壤と混和されていないため表面施用された堆肥から養分等を直接吸収していたと推測されるが、前述したとおり若芽への放射性セシウムの影響は問題にならない程度であった。

堆肥施用前の土壤化学性を第 1 表に、収穫終了後の土壤の深さ別化学性を第 7 表に示した。土壤の化学性は、アスパラガス定植前の堆肥多量施用の影響を受け、試験開始前の値が、可給態リン酸 83mg 100g $^{-1}$ 、交換性カリ 153 mg 100g $^{-1}$ 、交換性カルシウム 1230 mg 100g $^{-1}$ 、交換性マグネシウム 243 mg 100 g $^{-1}$ と高かった。140000kg 区の堆肥施用によるリン酸、カリ、カルシウムおよびマグネシウム投入量は、それぞれ 2520, 3840, 2950 および 1180 kg ha $^{-1}$ であり、堆肥 20 000kg ha $^{-1}$ 施用した対照区のそれぞれ 360, 550, 420 および 170 に比較して多量であった。しかし、収穫終了時の土壤では堆肥施用量の増加に従い、可給態リン酸が表層で高くなったものの、交換性塩基類は土壤 30 cm 深まで影響はみられなかった。これは、アスパラガスに吸収されなかったリン酸は表層に留まったのに対し、交換性塩基類の多くはかん水により地下に浸透したためと考える。

原田 (2014) は、飼料作物に対し高濃度の放射性セシウムを含む堆肥を施用した場合でも、含有するカリ成分の投入効果により作物中放射性セシウム濃度への影響は少ないとしている。本試験においても、試験開始前の土壤中交換性カリ含量が多く、さらにカリ成分の供給量が堆肥 140 000kg 区では堆肥から 3840 kg ha $^{-1}$ 、化学肥料から 235 kg ha $^{-1}$ と多かった。このことが高濃度の放射性セシウムを含む堆肥の表面への多量施用という放射性セシウムを吸収しやすいと考えられる条件においても、アスパラガス若芽の放射性セシウム吸収に対し抑制効果を示したと推測する。

アスパラガス栽培において、放射性セシウム濃度が 400 Bq kg $^{-1}$ 程度の堆肥を 140000kg ha $^{-1}$ と多量に表面施用しても、若芽への影響は問題にならない程度であった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、試験ほ場の管理等に元野菜研究室の半田有宏技師、吉田剛前室長、園芸チームの齋藤芳彦技査、高野浩技査をはじめ野菜研究室の方々にご協力いただいた、心から感謝の意を表する。

第 1 表 堆肥施用前の土壤化学性

pH (H ₂ O)	EC dS m $^{-1}$	可給態リン酸 mg 100g $^{-1}$	CEC cmol _c kg $^{-1}$	交換性塩基 mg 100g $^{-1}$		
				K ₂ O	CaO	MgO
7.1	0.10	83	51	153	1230	243

第2表 供試堆肥の化学性

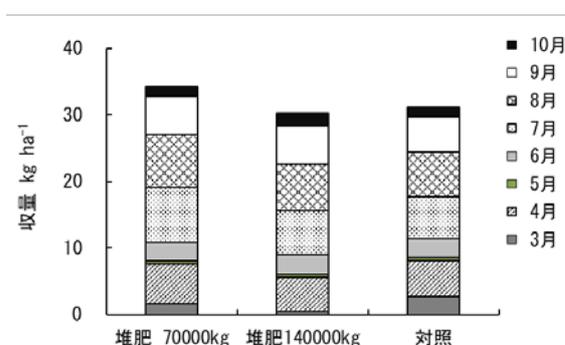
水分	EC	pH	粗灰分	T-N	0.5M塩酸抽出窒素		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	RCs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	交換性RCs率
					NH ₄ -N	NO ₃ -N								
g 100g ⁻¹	dS m ⁻¹		g 100g ⁻¹		mg 100g ⁻¹			g 100g ⁻¹			Bq kg ⁻¹		%	
29.6	6.8	8.7	39.8	1.75	187	27	2.56	3.90	2.99	1.19	413	180	233	18.7

注1. 水分、放射性Csは対現物、それ以外は対乾物の値。EC、pHは10倍量の水懸濁液を測定した。0.5M塩酸抽出窒素は現物を供試した。

注2. RCsは放射性セシウム (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs) を示す。交換態RCsは10倍量の2M酢酸で抽出したもの。交換態RCs率はRCsのうち交換態RCsの割合。

第3表 施肥の時期および量

施肥	月日	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg ha ⁻¹		
基肥		180	144	144
追肥	5.31	30	11	19
	6.20	30	11	18
	7.4	30	11	18
	7.18	20	7	12
	8.1	20	7	12
	8.16	20	7	12
合計		330	198	235



第1図 アスパラガスの月別収量

第4表 アスパラガス若芽放射性セシウム濃度

区名	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月	
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs												
	Bq kg ⁻¹		Bq kg ⁻¹		Bq kg ⁻¹		Bq kg ⁻¹		Bq kg ⁻¹		Bq kg ⁻¹		Bq kg ⁻¹	
堆肥 70000kg	N.D.	N.D.												
堆肥 140000kg	N.D.	N.D.												
対照	N.D.	N.D.												

注1. 新鮮物換算値。N.D.は<0.16 Bq kg⁻¹。基準値は100 Bq kg⁻¹以下。

注2. 調査株から出荷に適する若芽全量を月別に乾燥、粉碎し、Ge半導体検出器を用いU8容器10万秒以上の条件で測定した。

第5表 アスパラガス若芽放射性セシウム濃度

採取時期	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
	Bq kg ⁻¹		
施用時(2012年3月)	587	256	331
栽培終了後(2012年12月)	568	205	363

注1. 栽培終了後の堆肥は、施用した表面から採取した。

注2. 比較しやすくするため、乾物換算値で表示した。

第6表 アスパラガス若芽放射性セシウム濃度

地表からの深さ cm	放射性セシウム濃度 Bq kg ⁻¹		
	堆肥 70000kg	堆肥 140000kg	対照
0~2.5	19	57	9
2.5~5	9	19	9
5~10	7	8	-

注1. 乾物あたりの値。-は未測定。堆肥施用前は7 Bq kg⁻¹。

注2. 表層の堆肥を取り除き、円柱型採土器を用い、株の中心から20cm離れた場所から採取した。土壌の上端(地表)を0cmとした。

第7表 収穫終了後の土壌の深さ別化学性

深さ	pH			可給態P ₂ O ₅ mg 100g ⁻¹			交換性塩基 mg 100g ⁻¹								
			対照			対照	K ₂ O			CaO			MgO		
	70000kg	140000kg		70000kg	140000kg		70000kg	140000kg	対照	70000kg	140000kg	対照	70000kg	140000kg	対照
0~2.5cm				100	170	93	111	103	110	1069	1137	991	258	272	236
2.5~5cm				85	119	92	112	88	117	980	990	1034	235	237	246
5~10cm	6.7	6.6	6.7	83	108	83	136	84	115	1029	1007	986	247	242	236
10~20cm				73	98	82	128	96	147	999	995	998	238	239	238
20~30cm				74	83	80	194	141	164	982	1016	1010	237	245	241
(備考) 堆肥施用時の成分投入量 ×10 kg ha ⁻¹				P ₂ O ₅			K ₂ O			CaO			MgO		
				126	252	36	192	384	55	148	295	42	59	118	17

注1. pHは0~30cmの値.

注2. 上段に示した土壌中成分含量との比較を容易にするため、堆肥施用時の成分投入量の単位は ×10 kg ha⁻¹とした.

引用文献

原田久富美 (2014) 飼料作物における放射性セシウム低減技術. 日土肥誌 85:107-112.

農林水産省 (2011) 放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について.

<http://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/shizai.html>

農林水産省 (2012) 肥料・土壌改良資材・培土の暫定許容値設定に関するQ&A.

http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/hiryo_info/cs_qa.html

栃木県 (2006) 施肥基準量アスパガラス. 農作物施肥基準:34-35.

津村昭人・駒村美佐子・小林宏信 (1984) 土壌及び土壌—植物系における放射性ストロンチウムとセシウムの挙動に関する研究. 農技研B36:57-113.